



操作說明書

VLT[®] Frequency Converters - Safe Torque Off



目錄

1 簡介	2
1.1 本手冊目的	2
1.2 其他資源	2
1.3 功能概述	2
1.4 核可與認證	3
1.5 符號、縮寫與慣例	4
2 安全性	5
2.1 安全符號	5
2.2 合格人員	5
2.3 安全預防措施	5
3 安裝	7
3.1 安全說明	7
3.2 安全轉矩關閉安裝	7
3.3 結合熱敏電阻模組 MCB 112 之安裝	8
4 試運行	9
4.1 安全說明	9
4.2 安全轉矩關閉的啟動與終止	9
4.3 ST0 與熱敏電阻模組 MCB 112 組合的參數設定值	9
4.4 自動/手動重新啟動	9
4.5 安全轉矩關閉試運行測試	9
4.5.1 ST0 應用的重新啟動預防方式	10
4.5.2 自動重新啟動安全轉矩關閉應用	10
4.6 系統設定安全性	10
4.7 維修與維護	10
5 安全轉矩關閉技術資料	11
索引	12

1 簡介

1.1 本手冊目的

本手冊提供了在功能安全性應用中使用 Danfoss VLT® 變頻器的相關資訊。手冊中包含了有關功能安全性標準、Danfoss VLT® 變頻器安全轉矩關閉 (STO) 功能和相關安裝及試運行和 STO 維修和維護之資訊。

1.2 其他資源

本手冊的目標對象是已經熟悉 VLT® 變頻器的使用者，並且旨在作為以下網址所提供下載之手冊與說明書的補充資訊：www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/Documentations/VLT+Technical+Documentation.htm。在安裝裝置前，請先閱讀變頻器和/或變頻器選配項目隨附的說明書，並遵循說明進行安全安裝。

除非明確同意，否則禁止披露、複製、銷售本文件以及散播其內容。若違反此禁令，須負損害賠償責任。保留專利、實用專利與註冊設計的所有權利。

VLT® 為註冊商標。

1.3 功能概述

1.3.1 簡介

安全轉矩關閉 (STO) 功能是安全控制系統中的一個元件。必須選擇系統中的元件並適當地套用，才能達到所需的操作安全程度。STO 會停用變頻器輸出階段之功率半導體的控制電壓，連帶防止產生轉動馬達所需的電壓。

變頻器可整合安全功能如：安全轉矩關閉 (STO)，如同在 EN IEC 61800-5-2 中定義) 或停機類別 0 (如同在 EN 60204-1 中定義) 變頻器可透過控制端子 37 提供 STO 功能。

在安裝處進行整合和使用 STO 之前，必須為安裝執行一次仔細的風險分析，以決定 STO 功能和 safety 程度是否合宜並充分。含 STO 功能的變頻器是按照以下要求所設計和認可的：

- EN ISO 13849-1 中的類別 3
- 在 EN ISO 13849-1 裡的效能水準「d」
- 在 IEC 61508 與 EN 61800-5-2 裡的 SIL 2
- EN 62061 裡的 SILCL 2

1.3.2 涵蓋的產品與標識

下列類型的變頻器提供了 STO 功能：

- VLT® HVAC Drive FC 102
- VLT® Refrigeration Drive FC 103
- VLT® AQUA Drive FC 202
- VLT® AutomationDrive FC 301 外殼類型 A1
- VLT® AutomationDrive FC 302

標識

- 檢查銘牌上的裝置類型代碼，確認變頻器已透過 STO 功能完成設定 (請參閱 表 1.1)。

產品	類型代碼
VLT® HVAC Drive FC 102	T 或 U 位於類型代碼的位數 17
VLT® Refrigeration Drive FC 103	T 位於類型代碼的位數 17
VLT® AQUA Drive FC 202	T 或 U 位於類型代碼的位數 17
VLT® AutomationDrive FC 301 外殼類型 A1	T 位於類型代碼的位數 17
VLT® AutomationDrive FC 302	X、B 或 R 位於類型代碼的位數 17

表 1.1 類型代碼標識

1.4 核可與認證



表 1.2 核可與認證

我們可提供更多的核可與認證。請聯絡當地的 Danfoss 供應商。

適用標準和合規性

在端子 37 上使用安全轉矩關閉功能時，使用者必須滿足包括相關法律、法規及規範等所有安全性規定。

整合的 STO 功能符合以下的標準：

- IEC 60204-1: 2005 停機類別 0 - 未控制的停機
- EN 60204-1: 2006 停機類別 0 - 未控制的停機
- IEC/EN 61508: 2010 SIL2
- IEC/EN 61800-5-2: 2007
- IEC/EN 62061: 2005 SIL CL2
- ISO 13849-1: 2006 類別 3 PL d
- EN ISO 13849-1: 2008 類別 3 PL d

1.5 符號、縮寫與慣例

縮寫	設定值	說明
類別	EN ISO 13849-1	類別, 等級 “B, 1-4”
DC		偵測覆蓋率
FIT		一定時間內的故障數: 1E-9/小時
HFT	EN IEC 61508	硬體故障公差: HFT = n 代表 n+1 個故障可能造成安全性功能喪失
MTTFd	EN ISO 13849-1	故障平均時間 - 危險。單位: 年
PFH	EN IEC 61508	每小時發生危險性故障的機率。如果安全性裝置是在極嚴苛的條件下作業或是在持續模式下運轉, 應考量此值, 在此, 對安全性相關系統所做的運轉需求頻率是大於每年一次
PFD	EN IEC 61508	需求時故障的平均機率, 用於低需求操作的值
PL	EN ISO 13849-1	用於指定控制系統的安全相關零件的能力之離散等級, 用以在預見的情況下執行安全功能。等級 a-e
SFF	EN IEC 61508	安全故障分數 [%]; 對一安全性功能或子系統的安全故障與所偵測得危險故障相對於所有故障的百分比
SIL	EN IEC 61508 EN IEC 62061	安全性完整程度
ST0	EN IEC 61800-5-2	安全轉矩關閉
SS1	EN IEC 61800 -5-2	安全停機 1
SRECS	EN IEC 62061	安全相關電氣控制系統
SRP/CS	EN ISO 13849-1	控制系統的安全相關零件
PDS/SR	EN IEC 61508	電力驅動系統 (安全相關)

表 1.3 與「功能安全性」相關的縮寫字

慣例

編號清單表示程序。

項目清單表其示圖例的其他資訊與說明。

斜體字表示

- 參照索引
- 連結
- 參數名稱

2 安全性

2.1 安全符號

本文件使用了以下的符號：



表示可能會導致人員傷亡的潛在危險狀況。



表示可能會導致輕度或中度傷害的潛在危險狀況。
也可用於危險施工方式的警示。



表示重要訊息，包含可能會損及設備或財產的狀況。

2.2 合格人員

僅能由具備經認證技能之人員組合、安裝、程式設計、試運行、維護和淘汰產品。具備經認證技能的人員

- 為合格電氣工程師，或已從合格電氣工程師接受訓練課程的人員，且具備適當的裝置、系統、工廠和機械之操作經驗，並符合安全技術的一般標準和方針。
- 熟悉有關健康和安全/意外預防方式的基本規定。
- 已閱讀並瞭解本手冊中的安全方針，以及變頻器操作說明書中的指示。
- 瞭解適用於特定應用的一般性與專業標準。

PDS (SR) 使用者對以下項目具有責任：

- 應用的危險和風險分析
- 識別所需的安全功能，並分配 SIL 或 PLr 至每個功能
- 其他子系統和來自它們之信號和命令的有效性
- 設計適當的安全相關控制系統 (硬體、軟體和參數設置等等)

保護措施

- 安全性工程系統僅可由合格的技術人員進行安裝與試運行。
- 於符合 IEC 60529 標準之 IP54 機櫃或相同環境中安裝變頻器。在特殊應用中，可能需要更高的 IP 度。
- 確保已根據 ISO 13849-2 表 D.4，為端子 37 與外接安全裝置之間的電纜線提供短路保護。
- 當馬達軸受到任何外力的影響 (如懸吊的負載)，需採取額外的措施 (如安全靜止煞車) 以消除危害。

2.3 安全預防措施

請參閱相關操作說明書中的安全性一節中，以取得安全預防措施。



在安裝了 STO 之後，必須執行在 章 4.5 安全轉矩關閉試運行測試 裡所述的試運行測試。最初安裝和每次改動安全安裝後，系統必須通過試運行測試。



若在使用如垂直軸 (懸吊負載) 之情況下，外力作用於馬達上，而且可能因不必要的移動而造成危險 (如因重力而移動)，則應為馬達上加裝額外的防墜落措施。例如，必須額外安裝機械煞車功能。死亡或重傷風險。



安全轉矩關閉 (即移除端子 37 的 24 V 直流電源電壓) 無法提供電氣安全功能。安全轉矩關閉功能本身並不足以實施 EN 60204-1 所定義之緊急關閉功能。緊急關閉功能需要搭配多項電氣絕緣措施，例如透過額外接觸器來關閉主電源。死亡或重傷風險。



安全轉矩關閉功能

安全轉矩關閉功能「並未」將主電源電壓與變頻器或輔助電路隔離。唯有在隔離主電源電壓並等候於相關操作說明書中安全性一章中指定的時間後，才能在變頻器或馬達的電氣零件上作業。未將主電源電壓自裝置隔離並等候指定的時間可能會造成傷亡。

- 請勿利用安全轉矩關閉功能使變頻器停機。若利用此功能使運行中的變頻器停機，裝置會跳脫並自由旋轉停機。若無法接受此建議 (例如引發危險)，則請在使用這項功能前，利用適當的停機模式使變頻器與機器停機。視應用而定，可能需使用機械煞車。
- 安全轉矩關閉功能僅適用於在變頻器系統或受影響的機器區域上執行機械作業。它並不提供電氣安全性。安全轉矩關閉功能不應用於控制變頻器啟動及/或停機。



自動重新啟動僅允許在以下兩種情況下之一執行：

1. 「避免意外重新啟動」係由安全轉矩關閉安裝的其他部分來執行的。
2. 當安全轉矩關閉功能未啟動時，危險區域的存在是可以排除的。特別是必須遵守 ISO 12100-2 2003 的 5.3.2.5 一節。



安全轉矩關閉功能可用於非同步、同步與永磁馬達。變頻器的功率半導體可能產生兩種故障。當使用同步與永磁馬達，故障可能造成剩餘旋轉。旋轉的角度可以用以下公式計算：角度 = $360 / (\text{極數})$ 。使用同步或永磁馬達的應用必須將此剩餘旋轉納入考慮，並確保這不會產生安全風險。對非同步馬達而言，本狀況不會發生。死亡或重傷風險。



根據 EN 60204-1 為每個停機功能選擇停機類別時，必須經過風險評估後才予以確定。

- 停機類別 0 的達成方式是透過直接移除致動器，導致未控制的自由旋轉而停機。安全轉矩關閉 (STO) 功能根據 EN 61800-5-2 實現停機類別 0 停機。
- 停機類別 1 的達成方式是透過電力提供予機器致動器來達到停機目的。根據 EN 61800-5-2 安全停機 1 (SS1)，當停機目的達成後，會自致動器中移除電力。
- 停機類別 2 是一種藉由將電力提供予機器致動器來達成目的的受控制停機方式。停機後電力會呈保持狀態。



當設計機器應用時，應考量可從自由旋轉至停機的時間安排和距離（停機類別 0 或安全轉矩關閉）。如需更多有關停機類別的資訊，請參考 EN 60204-1。

3 安裝

3.1 安全說明

請參閱 章 2 安全性 取得一般安全說明。

3.2 安全轉矩關閉安裝

對於馬達連接、交流電連接和控制接線，請遵循變頻器操作說明書中的安全安裝指示。

如需搭配經防爆認證的熱敏電阻模組 MCB 112 一同安裝，請參閱 章 3.3 結合熱敏電阻模組 MCB 112 之安裝。

啟用整合的安全轉矩關閉功能的方式如下：

1. 移除控制端子 37 與 12 或 13 之間的跳線電線。僅僅切斷或斷開該跳線不足以避免短路。(請參見 圖 3.1 上的跳線)。

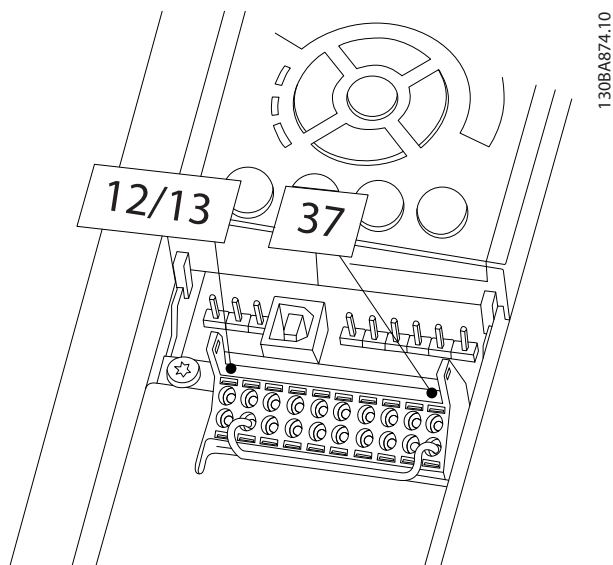
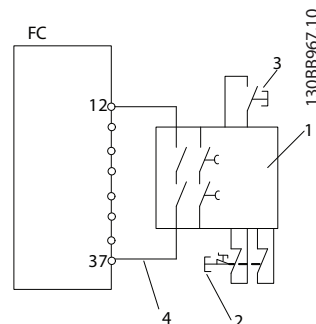


圖 3.1 端子 12/13 (24 V) 和 37 之間的跳線

2. 透過 NO 安全性功能將外部安全監控繼電器連接至端子 37 (安全轉矩關閉) 及端子 12 或 13 (24 V DC)。遵循安全監控繼電器的安裝指示，並確保安全監控繼電器符合類別 3 / PL “d” (ISO 13849-1) 或 SIL 2 (EN 62061 和 IEC 61508) 的要求。



1	安全繼電器 (類別 3 、 PL d 或 SIL2)
2	緊急停機按鈕
3	復歸按鈕
4	短路保護電纜線 (若不在安裝 IP54 配電盤之內) 請參閱 ISO 13849-2 表 D.4 以獲得進一步的資訊

圖 3.2 符合安全類別 3/PL “d” (ISO 13849-1) 或 SIL 2 (EN 62061 和 IEC 61508) 和停機類別 0 (EN 60204-1) 的安裝。

3. 請按照變頻器操作說明書中的指示完成配線。

3.3 結合熱敏電阻模組 MCB 112 之安裝

注意事項

唯有 VLT® HVAC Drive FC 102、VLT® AutomationDrive FC 302 和 VLT® AutomationDrive FC 301 外殼類型 A1 才能結合熱敏電阻模組 MCB 112 和安全轉矩關閉功能。

熱敏電阻模組 MCB 112 採用端子 37 作為其安全相關關閉通道。

- 確保 MCB112 的 X44/12 輸出端已與啟動安全轉矩關閉的安全性感測器（例如緊急停機按鈕、安全防護開關等）進行邏輯「和」運算。這表示唯有來自 MCB 112 輸出 X44/12 和來自安全相關感測器的信號皆為「高」（24 V）時，安全轉矩關閉端子 37 的輸出為「高」。如果 2 個信號中至少 1 個為「低」，則端子 37 的輸出也必須為「低」。
- 確保採用邏輯「與」運算的安全裝置符合所需的安全等級。

- 短路會保護從採用安全邏輯「和」運用之安全裝置的輸出至安全轉矩關閉端子 37 的連接，請參閱 圖 3.3。

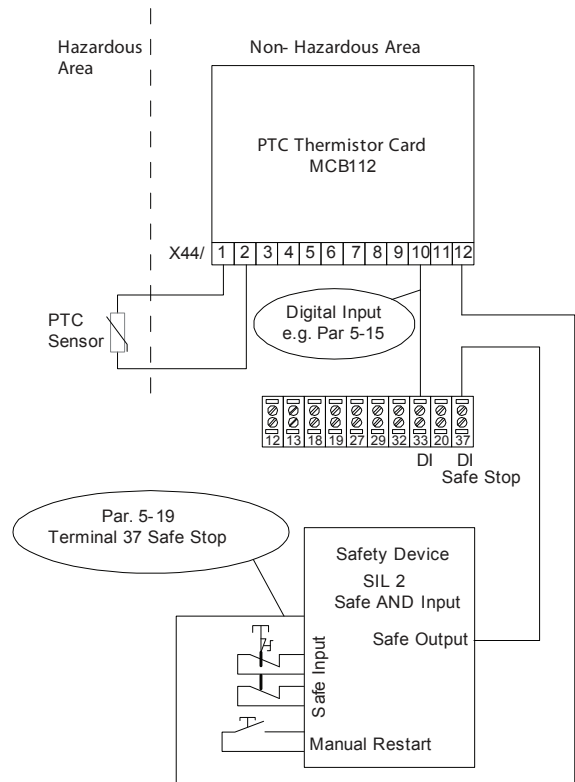


圖 3.3 結合安全轉矩關閉應用和 MCB 112 應用

圖 3.3 顯示外接安全裝置的重新啟動輸入。這意味著在此安裝中，可將 5-19 端子 37 安全停機 設為值 [7] PTC 1 與繼電器 W 或 [8] PTC 1 與繼電器 A/W。請參考 MCB 112 操作說明書取得更多詳細資料。

4 試運行

4.1 安全說明

請參閱 章 2 安全性 取得一般安全說明。

4.2 安全轉矩關閉的啟動與終止

要啟動 STO 功能，只需斷開變頻器端子 37 上的電壓。透過將變頻器連接到提供了安全延時的外接安全裝置，即可獲得屬於安全停機 1 的安裝。當連接至端子 37 時，外接安全裝置必須符合類別/PL 或 SIL 的要求。STO 功能可用於非同步、同步與永磁馬達。

啟動 STO 功能 (T37) 時，變頻器會發出警報、使裝置跳脫，並使馬達自由旋轉至停止。必須手動重新啟動。使用 STO 功能在緊急停機狀況中停止變頻器。若在不需使用 STO 的正常操作模式下，則改用標準停機功能。確保在使用自動重新啟動功能前，已符合 ISO 12100-2 之 5.3.2.5 節的要求。

4.3 STO 與熱敏電阻模組 MCB 112 組合的參數設定值

當連接 MCB 112 時，將提供額外的 5-19 端子 37 安全停機 選項 ([4] PTC 1 警報至 [9] PTC 1 與繼電器 W/A)。

- 選項 [1]* 安全停機警報和 [3] 安全停機警告仍然可用，但只適用於不含 MCB 112 或任何外接安全裝置的安裝。
如果選定 [1]* 安全停機警報和 [3] 安全停機警告且 MCB112 被觸發，則變頻器將以警報「危險故障 [A72]」來回應並安全地自由旋轉變頻器，而不自動重新啟動。
- 當使用外接安全裝置時，則不可選選項 [4] PTC 1 警報和 [5] PTC 1 警告。這些選項僅適用於 MCB 112 採用安全轉矩關閉功能的情況。
如果選擇了選項 [4] PTC 1 警報或 [5] PTC 1 警告且外接安全裝置觸發安全轉矩關閉功能，則變頻器會發出警報「危險故障 [A72]」並安全地自由旋轉變頻器，而不自動重新啟動。
- 若是結合外接安全裝置和 MCB 112，請選擇 [6] PTC 1 與繼電器 A 至 [9] PTC 1 與繼電器 W/A。



當停用外接安全裝置時，選項可用於自動重新啟動。

在選擇 [7] PTC 1 與繼電器 W 或 [8] PTC 1 與繼電器 A/W，確保：

- 「避免意外重新啟動」係由安全轉矩關閉安裝的其他部分來執行的，或。
- 當安全轉矩關閉功能未啟動時，危險區域的存在是可以排除的。特別是必須遵守 ISO 12100-2 2003 的 5.3.2.5 一節。

有關熱敏電阻模組 MCB 112 的詳細資訊，請參閱操作說明書。

4.4 自動/手動重新啟動

STO 功能的出廠設定值為「避免意外重新啟動」。若要終止 STO 並恢復正常運作：

1. 重新向端子 37 施加 24 V 直流電源。
2. 發送復歸信號 (透過總線、數位 I/O 或按 [Reset] 鍵)。

藉由將 5-19 端子 37 安全停機 的值從預設值 [1]* 安全停機警報設定成值 [3] 安全停機警告，將 STO 功能設定為自動重新啟動。
「自動重新啟動」代表 STO 已結束，且正常操作將於 24 V DC 加至端子 37 之後立刻繼續執行。不需要復歸信號。

4.5 安全轉矩關閉試運行測試

完成安裝後且在首次運轉之前，請使用安全轉矩關閉功能執行安裝的試運行測試。
每當修改了含有 STO 功能的系統或應用後，請再次執行這樣的測試。



在首次安裝或是對安裝進行每次後續更動後，都需要 STO 功能試運行測試成功。

4.5.1 STO 應用的重新啟動預防方式

應用中 5-19 端子 37 安全停機 設定為出廠預設值 [1]* 安全停機警報時，或當 5-19 端子 37 安全停機 設定為 [6] PTC 1 與繼電器 A 或 [9] PTC 1 與繼電器 W/A) 時進行安全轉矩關閉與 MCB 112 的組合)：

1. 當變頻器驅動馬達時，使用中斷裝置將端子 37 的 24 V 直流電源斷開（即不斷開主電源）。
2. 檢查：
 - 馬達作出了自由旋轉反應，
 - 啟動了機械煞車（如果有連接），且，
 - 如果已裝上 LCP 操作控制器，則將顯示「安全停機 [A68]」警報。
3. 重新向端子 37 施加 24 V 直流電。
4. 確保馬達保持自由旋轉狀態，並且機械煞車（如果有連接）保持啟動狀態。
5. 發送復歸信號（透過總線、數位 I/O 或按 [Reset] 鍵）。
6. 確保馬達再次恢復運轉。

如果通過了所有上述步驟，則表示試運行測試成功。

4.5.2 自動重新啟動安全轉矩關閉應用

應用中 5-19 端子 37 安全停機 設定為 [3] 安全停機警告，或當 5-19 端子 37 安全停機 設定為 [7] PTC 1 與繼電器 W 或 [8] PTC 1 與繼電器 A/W 時進行安全轉矩關閉與 MCB 112 的組合)：

1. 當變頻器驅動馬達時，使用中斷裝置將端子 37 的 24 V 直流電源斷開（即不斷開主電源）。
2. 檢查：
 - 馬達作出了自由旋轉反應，
 - 啟動了機械煞車（如果有連接），且，
 - 如果已裝上 LCP 操作控制器，則將顯示安全停機 [A68] 警報。
3. 重新向端子 37 施加 24 V 直流電。
4. 確保馬達再次恢復運轉。

如果通過了所有上述步驟，則表示試運行測試成功。

注意事項

請參閱 章 2.3 安全預防措施 中的重新啟動警告。

4.6 系統設定安全性

- 採取安全措施是使用者的責任
- 變頻器參數可透過密碼保護

4.7 維修與維護

無須維護安全轉矩關閉（STO）功能。

5 安全轉矩關閉技術資料

注意事項

如需變頻器的技術規格和操作條件，請參考變頻器的相關操作說明書。

注意事項

STO 信號必須採用 SELV 或 PELV 供應。

下列數值與各個安全等級相關：

T37 的反應時間

- 最大反應時間： 20 ms

反應時間 = 在 STO 輸入放電與關閉輸出橋接器之間的延遲。

EN ISO 13849-1 數據

- 效能水準「d」
- MTTF_d: 14000 年
- DC: 90%
- 類別 3
- 20 年壽命

EN IEC 62061、EN IEC 61508 與 EN IEC 61800-5-2 數據

- SIL 2、SILCL 2
- PFH < 1E-10/h
- 元件類型： 類型 A
- 硬體故障公差 (HFT) = 2 (1oo2 架構)
- 20 年壽命

EN IEC 61508 低要求數據

- 一年驗證測試的 PFD_{avg}: 1E-10
- 三年驗證測試的 PFD_{avg}: 1E-10
- 五年驗證測試的 PFD_{avg}: 1E-10

SISTEMA 數據

功能安全數據能透過數據資料庫來取得，以和 IFA（德國社會意外保險職業安全與健康協會）的 SISTEMA 計算工具配合使用，以及人工計算數據。SISTEMA 可自以下網址下載取得：www.danfoss.com/BusinessAreas/DrivesSolutions/SISTEMA/。

索引

E

EN 60204-1.....	2
EN 61800-5-2.....	2
EN 62061.....	2
EN ISO 13849-1.....	2

I

IEC 61508.....	2
----------------	---

S

SIL CL2.....	3
SIL2.....	3
SISTEMA 數據.....	11

信

信號.....	5, 8
---------	------

停

停止類別 0.....	2
-------------	---

元

元件類型.....	11
-----------	----

參

參數設定.....	9
-----------	---

反

反應時間.....	11
-----------	----

合

合格人員.....	5
-----------	---

命

命令.....	5
---------	---

啟

啟動.....	9
---------	---

外

外接安全裝置.....	9
-------------	---

安

安全相關感測器.....	8
安全裝置.....	8
安全轉矩關閉.....	2

安全防護開關.....	8
安裝.....	8

慣

慣例.....	4
---------	---

技

技術資料.....	11
-----------	----

控

控制系統.....	5
-----------	---

效

效能水準「d」.....	11
--------------	----

未

未控制的停機.....	3
-------------	---

標

標準和合規性.....	3
標識.....	2

機

機械煞車.....	10
-----------	----

涵

涵蓋的產品.....	2
------------	---

熱

熱敏電阻模組.....	8
熱敏電阻模組 MCB 112.....	8

硬

硬體故障公差.....	11
-------------	----

端

端子 37.....	2
------------	---

符

符號.....	4
---------	---

終

終止.....	9
---------	---

維

維修.....	10
---------	----

縮

縮寫..... 4

自

自動重新啟動..... 9, 10

試

試運行測試..... 9

認

認證..... 3

警

警報..... 9

輸

輸出..... 8

選

選項..... 9

避

避免意外重新啟動..... 9

避免重新啟動..... 9, 10

重

重新啟動..... 9

關

關閉通道..... 8



www.danfoss.com/drives

.....
Danfoss 對於在目錄、說明小冊與其他的印刷品當中可能產生的錯誤概不負任何責任。Danfoss 保留在未經事先通知之下更改其產品的權利。如果該類的修改不會導致事先同意之規格必須隨之修改的話，則前述的權利亦適用。本資料中的所有商標均是個別公司的財產。Danfoss 與 Danfoss 標誌係 DanfossA/S 的商標。版權所有，翻錄必究。
.....

